Aus der Medizinischen Universitäts-Poliklinik zu Frankfurt a. M.
(Direktor: Professor Dr. M. Gänsslen)

Die Verdauung von Broten mit Backfehlern.

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin der Hohen Medizinischen Fakultät der Johann Wolfgang Goethe-Universität zu Frankfurt a. M.

vorgelegt von
GERDA STEINBRÜCK
aus Frankfurt a. M.

Lane Medical Library

im April 1939

Aus der Medizinischen Universitäts-Poliklinik zu Frankfurt a. M.
(Direktor: Professor Dr. M. Gänsslen)

Die Verdauung von Broten mit Backfehlern.

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin der Hohen Medizinischen Fakultät der Johann Wolfgang Goethe-Universität zu Frankfurt a. M.

vorgelegt von

GERDA STEINBRÜCK

aus Frankfurt a. M.

im April 1939

Druckerei M. Jacobi, Frankfurt a. M.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/dieverdauungvonb0000gerd

Gedruckt mit Genehmigung der medizinischen Fakultät
der Johann Wolfgang Goethe-Universität
zu Frankfurt a. M.

Referent: Prof. Dr. Heupke
Korreferent: Prof. Dr. Felix
Dekan: Prof. Dr. V. Schmieden

Die Verdauung von Broten mit Backfehlern.

Unter den Nahrungsmitteln nimmt das Brot bei weitem die wichtigste Stelle ein, verzehrt doch der Erwachsene in einem Jahre rund 100 kg.

Als Volksnahrungsmittel besitzt das Brot eine überragende Bedeutung, weil es alle Anforderungen, die an ein solches gestellt werden, erfüllt. Es hat einen hohen Sättigungswert, ist gut verdaulich, zeichnet sich durch guten Geschmack aus, ist haltbar und ist bei all diesen Vorzügen preiswert.

Eine große Bedeutung bei einem Nahrungsmittel kommt der Verdaulichkeit zu. Unter Verdaulichkeit verstehen wir die Ausnutzbarkeit des Nahrungsmittels bei der menschlichen Verdauungsarbeit. Um nun die größte Ausnutzbarkeit zu erzielen, muß man die Nahrungsmittel dem Körper in geeigneter Form zuführen. Würde man beispielsweise das rohe Mehl — d. h. Mehl im unverarbeiteten Zustand — verzehren, so würde nur ein Teil der Nährstoffe ausgenutzt werden. Damit aber wertvolle Nährstoffe nicht verloren gehen, führen wir das Mehl in eine verdaulichere Form über und zwar durch die Brotbereitung.

Aus Mehl oder mehlartigen Substanzen Brot zu backen, war vielen Völkern bekannt. Wir finden diese Kunst bei Galliern, Germanen und schon im frühen Altertum bei Phöniziern und Aegyptern. Von ihnen lernten die Griechen gewisse technische Verbesserungen des Brotbackens, und in Rom gab es schon sehr früh öffentliche Bäcker. Durch die Römer wurde die weiter entwickelte Technik im westlichen Europa eingeführt, und von dort aus gelangte sie in die nordischen Länder. Zur Herstellung des Brotes benutzten schon die alten Aegypter besondere Backöfen, deren Zeichnungen uns überliefert sind. Eine genaue Kenntnis der um die Zeitwende in Italien gebräuchlichen Backöfen haben uns die Ausgrabungen in Pompeji vermittelt. Die zur Brotbäckerei verwendeten Backöfen sind in ihrer Konstruktion seit dem Altertum fast nicht verändert worden, und erst in neuester Zeit ist man hier zu wesentlichen Verbesserungen gekommen.

Auch mit der Teigbereitung und dem Backprozeß hat sich die Wissenschaft befaßt. Die Herstellung des Brotes gliedert sich in drei Stufen:

Teigbereitung,
Teiglockerung,
Backprozeß.

Zur Herstellung des Brotteiges wird in den südlichen Ländern unseres Erdteils hauptsächlich Weizenmehl und in den nordeuropäischen Ländern Roggenmehl verwendet. Mehl aus anderen Getreidearten, wie Gerste, Hafer usw. spielt bei der Brotteigbereitung nur eine untergeordnete Rolle. Für die Teigbereitung ist nun die Art und die Beschaffenheit des Mehles von ausschlaggebender Bedeutung. Weizenmehl gibt einen wesentlich anderen Teig als Roggenmehl. Die Qualität des Mehles ist wiederum sehr verschieden und beeinflußt die Teigbereitung in mannigfacher Weise. Nicht jede Weizen- oder Roggensorte liefert ein gutes backfähiges Mehl, das Klima, die Bodenverhältnisse, Düngung und Bewässerung machen sich bemerkbar. Der Grad der Ausmahlung des Getreides und damit der größere oder geringere Gehalt des Mehles an Kleie ist mitbestimmend für eine gute Teigbereitung. Auch die Behandlung des Mehles bei der Lagerung ist sehr wichtig, insbesondere weil das Mehl sehr leicht Feuchtigkeit aus der Luft aufnimmt. Es muß daher in trockenen Räumen gelagert und für gute Luftzirkulation Sorge getragen werden. Die Lagerungsdauer beträgt für Roggenmehl 1 bis 2 Monate; nur wenn es gut trocken ist, kann es länger ohne Gefährdung seiner Backfähigkeit gelagert werden. Das Weizenmehl hingegen ist überhaupt erst nach 4 bis 6 Wochen genügend abgelagert und ist auch nach monatelanger Aufbewahrung noch backfähig. Im allgemeinen sind Roggenmehle weniger haltbar als die Weizenmehle, die gröberen Mehle weniger als die feineren.

Grundbedingung für eine gute Teigbereitung ist auch die einwandfreie Beschaffenheit des Mehles. Auswuchsmehl, das bereits einen zu großen Teil seiner Stärke in Zucker verwandelt hat, kann wegen seines überaus kräftigen Gärtriebes und seiner geringen Quellkraft schlecht oder überhaupt nicht verbacken werden. Schliffiges, d. h. bei dem Mahlprozeß zu stark angegriffenes Mehl ergibt keinen guten Teig. Schimmliges Mehl besitzt häufig einen höheren Wassergehalt und ballt sich infolgedessen zu kleinen Klumpen.

Neben dem Mehl ist zur Brotteigbereitung das Wasser der Hauptfaktor. Da das Quellvermögen der Mehlbestandteile, Stärke und Eiweißstoffe, durch das Wasser bestimmt wird, ist das richtige Mischungsverhältnis von Mehl und Wasser Vorbedin-

gung für eine gute Teigbereitung. Ein gut abgelagertes Mehl besitzt die Fähigkeit, mehr Wasser aufzunehmen als frisch gemahlenes Mehl, dunklere Mehle nehmen mehr Wasser auf als die hellen. Je nach der Menge des zugesetzten Wassers wird ein weicherer oder festerer Teig erzielt. Nach den bisherigen Feststellungen ergeben die weicheren Teige ein besseres Gebäck, während die festeren Teige insbesondere beim Roggenbrot infolge ihrer geringen Lockerungsfähigkeit eine schlechte Beschaffenheit der Krume zur Folge haben. Aber nicht nur die Menge des verwendeten Wassers bedingt einen guten oder schlechten Teig, auch die Beschaffenheit des Bäckereiwassers spielt bei der Teigbereitung eine Rolle. Im Quellwasser findet man lediglich mineralische Bestandteile, Brunnenwasser ist, besonders wenn der Grundwasserstand sehr tief ist und keine unreinen Zuflüsse hat, sehr rein und enthält nur in geringer Menge erdige Bestandteile, während das der Verunreinigung ausgesetzte Flußwasser Fäulniskeime mit sich führt. Regenwasser, das wohl selten zur Teigbereitung verwendet wird, kann je nach den örtlichen Verhältnissen mehr oder weniger durch mineralische und organische Stoffe, die es aus dem Staube und der Luft aufnimmt, verunreinigt sein. Für die Brotbereitung ist ganz allgemein nur ein völlig geruchloses und reinschmeckendes Wasser geeignet. Das sogenannte harte Wasser, das mineralische Bestandteile — kohlensauren Kalk, kohlensaure Magnesia usw. — enthält, hat sich besonders vorteilhaft zur Teigbereitung erwiesen. Ferner ist zu beachten, daß das Wasser die geeignete Temperatur besitzt; es darf weder zu warm noch zu kalt sein. Besonders im Winter ist es daher, ebenso wie das zur Teigbereitung verwendete Mehl, vorzuwärmen.

Auch der Zusatz von Kochsalz muß im richtigen Verhältnis zur Menge und Beschaffenheit des Teiges stehen, d. h. er muß dem zu verarbeitenden Teig entsprechend stärker oder geringer sein. Insbesondere sind kraftlose Mehle, alte und feucht aufbewahrte Mehle stärker zu salzen.

Ist nun die ordnungsmäßige Beschaffenheit und die richtige Mischung der erwähnten Stoffe Vorbedingung für einen guten Teig, so ist doch stets auch eine gründliche und sachgemäße Verarbeitung unerläßlich. Dementsprechend muß das Kneten des Teiges mit besonderer Sorgfalt und Sachkenntnis erfolgen. Es darf nicht zu kurz bemessen sein, damit alle Teile des Mehles mit dem Wasser vollkommen durchfeuchtet und die übrigen für die Brotbereitung notwendigen Stoffe ganz gleichmäßig im Teig verteilt werden. Der Teig darf aber auch nicht zu lange geknetet werden, weil er dann einerseits zu sehr auskühlt, andererseits zuviel Kohlensäuregas verliert, wodurch er klebrig und

sehr zäh wird und der Gärwirkung zu großen Widerstand entgegensetzt.

Zur Herstellung eines guten, haltbaren und leicht verdaulichen Brotes ist aber die ordnungsmäßige Teigbereitung nicht allein ausreichend, erforderlich ist daneben eine gründliche und gleichmäßige Teiglockerung. Würde man den nicht gelockerten Teig in den Backofen bringen, so würde man ein schweres, feuchtes und schlecht verdauliches Brot erhalten. Erst durch zweckentsprechende Teiglockerung wird bewirkt, daß das Brot mit zahllosen kleinen Poren durchsetzt und dadurch haltbar, leicht verdaulich und schmackhaft wird. Um dies zu erreichen, bedient man sich bei der Brotbäckerei vorwiegend der Kohlensäure, die unschädlich ist und auf verschiedenen Wegen billig gewonnen werden kann. Bei der Brotbereitung wendet man hauptsächlich die Sauerteiggärung an.

Der Sauerteig ist ein Mehlteig, in dem die zu kräftiger Kohlensäurebildung befähigten Organismen, die Hefezellen und die säurebildenden Bakterien enthalten sind. Letztere sind für die Teiglockerung ohne direkte Bedeutung; sie sind aber für die Entwicklung der Hefe im Teig von günstigem Einfluß und für die dauernde Fortzucht der Hefe unerläßlich. Die Hefe bedarf nämlich eines natürlichen Schutzes, um nicht durch artfremde Kleinlebewesen, Schimmelpilze und Fäulnisbakterien, zu entarten. Diesen Schutz gewährt die Milchsäure, welche durch den Stoffwechselvorgang der Milchsäurebakterien aus dem Zucker gebildet wird.

Zur Gewinnung des zur Herstellung des Brotes erforderlichen Sauerteiges nimmt man ein Stück von einem kräftig gärenden Teig. Dieses Stück, der sogenannte Anstellsauer, wird unter Hinzufügen von Mehl und Wasser gut durchgeknetet. Das so gewonnene Produkt wird als Anfrischsauer bezeichnet. Die Gärungsorganismen beginnen sich zu vermehren. Durch weiteres Zusetzen von Mehl und Wasser wird diese Vermehrung beschleunigt, sie wird kräftiger und stärker, bis durch erneute Zugabe von Mehl und Wasser der Vollsauer und damit die größte Gärwirkung erreicht ist. Um die Gärung zur vollen Auswirkung kommen zu lassen und die Lockerung des Endteiges gründlich durchzuführen, werden die abgeteilten und geformten Teigstücke, bevor sie in den Backofen kommen, auf „Gare" gestellt, d. h. der Teig wird bei entsprechender Temperatur eine gewisse Zeit sich selbst überlassen.

Durch die im Backofen herrschende Hitze, die beim Weizenbrot 250 bis 270 Grad, beim Roggenbrot 290 bis 300 Grad betragen muß, dehnen sich die eingeschlossenen Gase mehr und mehr aus, ein Teil derselben entweicht, gleichzeitig verdunstet

ein großer Prozentsatz des im Teig enthaltenen Wassers, und dadurch vollendet sich die Lockerung des Brotteiges.

Mit dem Abschluß des Backprozesses erhalten wir aber nicht immer ein Brot, das den zu stellenden Anforderungen entspricht. Die Praxis lehrt, daß zahlreiche Brotfehler auftreten. Unter Brotfehler versteht man jede Abweichung von der normalen Beschaffenheit eines Brotes, die nach dem Ausbacken zu erkennen ist. Man kann häufig eine ganze Reihe von Fehlern feststellen, die sich in der Beschaffenheit der Rinde und der Krume zeigen. Auf den Käufer wirkt zuerst das Aeußere des Brotes, wie Form, Volumen und Rindenbeschaffenheit. Das Brot soll gut gewölbt sein, soll ein möglichst großes Volumen haben, und die Rinde soll gleichmäßig gefärbt erscheinen und keine Rißbildungen aufweisen. Von der Krume verlangen wir eine gute gleichmäßige Auflockerung, d. h. viele kleine und gleichmäßig verteilte Poren, aber keine Gärblasen, Wasserstreifen und Mehlklümpchen.

Die erwünschte gleichmäßig kastanienbraune Farbe ist nicht nur ausschlaggebend für das Aussehen, sondern auch für die Geschmacksbildung. Bekanntlich regt der Appetit die Verdauungsdrüsen zu erhöhter Tätigkeit an und bewirkt dadurch eine bessere Ausnutzung der aufgenommenen Nahrung. Wird das Brot zu dunkel gebacken, so kommt es zur Kohlebildung, und die Folge ist ein bitterer Geschmack. Aber nicht nur die Farbe der Rinde ist nicht immer einwandfrei, sondern es kommt auch häufig zu Riß- und Blasenbildungen. Diese entstehen durch einen übermäßigen Wasserdampf- und Kohlensäuredruck im Brotinnern.

Neben fehlerhafter Farbe, Rissen und Blasen in der Rinde trifft man des öfteren teils zu runde, teils zu flache Brote an. Die bei zu runden Broten zu bemängelnde Formabweichung beruht auf Verwendung zu festen Teiges oder auf Backen in zu heißen Oefen, während ein zu flaches Brot durch zu weichen Teig oder beim Backen in einem zu kalten Ofen entsteht. Ein zu rundes Brot weist meistens auch ein zu geringes Volumen auf, weil es bei einem zu festen Teig zu ungenügender Teigauflockerung gekommen ist.

Eine gute Auflockerung ist aber Voraussetzung für gute Verdaulichkeit. Die Auflockerung der Krume ist, wie bereits erwähnt, abhängig von der Bildung genügender Kohlensäure im Teig und von seinem Wassergehalt. Bei zu wenig Wasserzusatz findet keine ausreichende Stärkeverkleisterung statt, der Krume fehlt die genügende Feuchtigkeit, sie krümelt und zeigt Risse. Ist dagegen die dem Mehl zugesetzte Wassermenge zu groß, so bleibt ein Teil des Wassers ungebunden und verursacht eine

feuchte Krume. Diese erhält man auch bei Verwendung von zu wenig Sauer, oder zu jung geführtem, d. h. noch nicht ganz reifem Sauer. Die Lockerung ist dann ungenügend; aus diesem festen, unporösen Teig kann die Feuchtigkeit beim Backprozeß nicht schnell genug entweichen. Ebenso ist die Teiglockerung bei Verwendung von altem Sauer unzureichend. Aber nicht nur die Beschaffenheit des verarbeiteten Sauerteiges ist ausschlaggebend bei der Brotbereitung, sondern auch die Sauerteigmenge. So erhält man z. B. bei Verwendung von zuviel Vollsauer ein stark saures Brot, weil der reife Vollsauer selbst schon einen Säuregrad von 15—25 hat.

Nicht nur die Sauerteigführung ist bei der Brotbäckerei von Bedeutung, sondern auch die richtige Gare spielt bei der Bereitung eines guten Brotes eine große Rolle. Ein Teigstück, das volle Gare besitzt, muß gleichmäßig angeordnete Poren aufweisen, und die bei der Gärung gebildete Kohlensäure muß nach allen Seiten einen gleichmäßigen Druck ausüben, der auch zum äußeren Druck abgestimmt ist. Wählt man die Gärzeit zu kurz, so erreichen die Hefezellen ihre optimale Kohlensäureentwicklung erst nachträglich im Ofen, und durch den dann entstehenden starken Kohlensäuredruck kommt es zu Riß- und Blasenbildung. Bei zu langer Gärzeit läßt die Kohlensäureentwicklung nach, der Innendruck ist zu schwach, um die Schwere des Teiges zu überwinden, und so kommt es, daß das Gebäckstück in sich zusammensinkt und eine flache Form bekommt.

Außer den angeführten Fehlern sind noch einige weitere zu erwähnen, die auf einen unsachgemäßen Backprozeß zurückzuführen sind. Notwendig sind für die Herstellung eines tadellosen Brotes, abgesehen von der genügenden Backzeit, auch eine gleichmäßig verteilte Hitze und eine bestimmte Menge Feuchtigkeit (Wrasen) im Ofen. So ist bei zu heißem Ofen das Innere des Brotes nicht durgebacken, während die Kruste schon gut oder sogar schon verbrannt sein kann. Bei zu niederer Ofentemperatur kommt es dagegen zur ungenügenden Krustenbildung bei gleichmäßig ausgebackener Krume. Ebenso hat die zu große oder zu geringe Feuchtigkeit im Ofen eine mangelhafte Rindenbildung zur Folge.

Aufgabe der Bäcker ist es nun, die vorgenannten Fehler zu vermeiden und ein einwandfreies Brot herzustellen, denn von der Beschaffenheit des Brotes hängen seine Schmackhaftigkeit, sein Sättigungswert und seine Ausnutzbarkeit ab.

Um die Ausnutzbarkeit zu beurteilen, ist es notwendig, die Ausnutzungswerte zu kennen. Genaueren Aufschluß erhalten wir hierüber durch die Ausnutzungsversuche. Die ersten Ausnutzungsversuche mit Brot hat Gustav Meyer auf Anregung von Voit

in München ausgeführt, um festzustellen, in welchen Mengen die Nährstoffe des Brotes vom Darm des Menschen resorbiert werden.

Zweifellos wird nun die Ausnutzbarkeit des Brotes durch Brotfehler beeinflußt. Bei den in dieser Richtung hin angestellten Versuchen und Untersuchungen drängte sich auch die Frage auf, ob etwa der Säuregehalt des Brotes von wesentlichem Einfluß auf die Ausnutzung dieses Nahrungsmittels ist.

Zur Klärung dieses Problems führte Praußnitz einige Versuche mit Hefe- und Sauerteiggebäcken aus. Er stellte dabei keinerlei Beeinträchtigung der Ausnutzbarkeit des Brotes durch geringe Säuremengen fest.

Ausnutzungsverlust

	Trockensubstanz		Protein		Asche	
Hefebrot	7,2	5,8	17,8	15,3	33,3	23,3
Sauerteigbrot	7,9	6,2	19,6	17,0	36,4	27,5

Auch bei den von Lehmann unternommenen Versuchen mit Gebäcken gleichen Ausmahlungsgrades und verschiedenen Säuregrades war kein nachteiliger Einfluß der Säure bei der Eiweißausnutzung zu erkennen.

Ausnutzungsverlust

	Trockensubstanz	Protein
Roggenbrot mit Backpulver nach Horsfordt-Liebig gelockert	8,5%	24,0%
Schwachsaures Graubrot (München)	7,0%	15,2%
Saures Landbrot (Bayern)	13,4%	25,3%
Nichtsaures Schrotbrot (Rheinland)	18,6%	44,0%
Sehr saurer Pumpernickel (Oldenburg)	16,2%	34,5%

Bei einer anderen von Lehmann durchgeführten Versuchsreihe über die Ausnutzung sauren und schwach sauren Brotes bei Verabreichung von gemischter Nahrung zeigte sich, daß die aus Fleisch und Brot bestehende Nahrung bei Darreichung von stark saurem Brot besser ausgenutzt wurde als bei Gaben von schwach saurem Brot. Die Verbesserung der Ausnutzung bezieht sich sowohl auf die Trockensubstanz als auf den Stickstoff.

Ausnützung der Gesamttrockensubstanz bei Fleisch- u. Brotkost.

Schwach saure Brote			Stark saure Brote		
Acidität	Verlust bei der Ausnützung		Acidität	Verlust bei der Ausnützung	
	ohne	mit Berücksichtigung des Hungerkotes		ohne	mit Berücksichtigung des Hungerkotes
7,8	7,05	3,58	20,0	4,95	2,12
3,6	6,74	3,54	12,5	6,08	2,94
3,6	6,23	2,96	12,5	5,70	2,59
5,6	4,86	1,61	14,5	4,10	0,79
9,2	4,31	1,34	16,2	3,97	0,92
9,2	5,23	2,26	16,2	3,99	0,92

Ausnützung des Stickstoffs der Gesamtnahrung bei Fleisch- und Brotkost.

Schwach saure Brote			Stark saure Brote		
Acidität	Verlust bei der Ausnützung		Acidität	Verlust bei der Ausnützung	
	ohne	mit Berücksichtigung des Hungerkotes		ohne	mit Berücksichtigung des Hungerkotes
7,8	9,89	6,05	20,0	5,59	2,75
3,6	6,92	3,83	12,5	8,33	4,63
3,6	6,57	3,28	12,5	7,80	4,28
5,6	5,75	2,41	14,5	5,64	2,36
9,2	6,67	3,33	16,2	5,49	2,10
9,2	8,06	4,73	16,2	5,70	2,32

Lehmann verstand unter schwach saurem Brot ein solches mit einer Acidität von 3,6—9,2, während er Brot mit einer Acidität von 14,5—20 als stark sauer bezeichnete. Nach Neumann soll der Säuregrad des Brotes zwischen 6 und 8 liegen. Schon mittelst des Geschmackes läßt sich eine Uebersäuerung des Brotes feststellen; kaut man langsam ein Stück Brotkrume, so ergibt sich ein ausgesprochen saurer Geschmack. Eine genaue Bestimmung der Brotsäuren erfolgt durch Titrierung des zu Brei erweichten Brotes unter Verwendung von Phenolphthalein als Indikator. Wir verstehen hierbei unter einem Säuregrad diejenige Säuremenge in 100 g Brotkrume, die zu ihrer Absättigung 1 ccm Normalnatronlauge benötigt.

Die Säuren des Brotes werden während der Teiggärung gebildet. Neben der Essigsäure, welche als flüchtige Säure vorkommt, finden wir die nichtflüchtige Milchsäure und einige höhere Fettsäuren. Für die Entwicklung der Säureart und der Säuremenge sind Temperatur, Festigkeit, Art des Sauerteiges und Gärungsdauer von ausschlaggebender Bedeutung.

Daß längere Gärungsdauer zu einem Ansteigen des Säuregehaltes führt, zeigte Lehmann durch folgenden Versuch: Er ließ den Teig eines Brotes, welches in 100 g frischer Krume einen Säuregehalt von 11,5 ccm Normalnatronlauge hatte, 24 Stunden stehen und konnte einen Anstieg des Säuregehaltes auf 24 ccm feststellen. In einem anderen Versuch hatte ein Brot 12,7 ccm und nach 24stündigem Gären des Teiges 20 ccm Normalnatronlauge zur Neutralisation gebraucht.

Da über den Einfluß der Säuremenge des Brotes auf seine Ausnutzbarkeit noch keine abschließenden Untersuchungen vorliegen, habe ich einige Selbstversuche vorgenommen.

Zu einem Ausnutzungsversuch wurde von mir Brot mit langer Teigführung verwendet, während die übrigen Ausnutzungsversuche mit Brot von verschiedenen Säuregraden durchgeführt wurden.

Um nun den Gehalt des Brotes an ausnutzbaren Nährstoffen möglichst genau festzustellen, führte ich die Versuche mit reiner Brotnahrung aus und nahm nur Zucker und Fett als Zugabe, um den notwendigen Bedarf an Kalorien zu gewährleisten.

Die von mir angestellten Versuche erstreckten sich jeweils über einen Zeitraum von 7 Tagen, da sich bei früheren Versuchen ergeben hatte, daß bei mehrtägiger Gewöhnung an eine bestimmte Kost die Ausnutzung eine wesentlich bessere ist.

Zur Abgrenzung des Stuhles der einzelnen Versuchsperioden wurde Karmin verwandt; der Stickstoff wurde nach dem Verfahren von Kjeldahl, die Kohlehydrate nach Straßburger und das Fett nach Großfeld bestimmt.

Für die Berechnung der Zugaben legte ich die Werte zu Grunde, die Schwenkenbecher bei der Butter- und Zuckeranalyse festgestellt hatte.

Danach enthalten:

	Eiweiß	Fett	KH
100 g Butter	0,7 g	84,4 g	0,5 g
100 g Zucker	—	—	99,8 g

I. Versuch.

In der ersten Versuchsperiode wurden von mir unter Ausschluß jeglicher anderer Nahrung Brot mit 8,2 Säuregrad, Butter

und Zucker verzehrt. Als Getränk diente mir wie auch bei den folgenden Versuchen schwarzer Tee.

Brotanalyse:

Trockensubstanz	74,88%
Eiweiß	7,08%
Fett	0,15%
Kohlehydrate	61,94%

Einnahme in 7 Tagen:

	Eiweiß	Fett	KH
3675 g Brot	260,19 g	5,51 g	2276,30 g
285 g Zucker	—	—	284,43 g
635 g Butter	4,45 g	535,94 g	3,18 g
	264,64 g	541,45 g	2563,91 g
	= 42,34 g N		

Ausgabe in 7 Tagen:

Frischstuhl	730 g
Trockenkot	140 g

darin sind enthalten:

7,39 g	N	= 5,28%
10,72 g	Fett	= 7,66%
31,32 g	reduz. Substanz	= 22,37%

Bilanz der Ausgabe zur Einnahme:

17,45%	N
1,98%	Fett
1,22%	reduz. Substanz

II. Versuch.

Zum 2. Versuch nahm ich Brot mit einem Säuregrad von 6,5.

Brotanalyse:

Trockensubstanz	65,24%
Eiweiß	6,05%
Fett	0,13%
Kohlehydrate	52,49%

Einnahme in 7 Tagen:

	Eiweiß	Fett	KH
3675 g Brot	222,34 g	4,78 g	1929,01 g
280 g Zucker	—	—	279,44 g
700 g Butter	4,90 g	590,80 g	3,50 g
	227,24 g	595,58 g	2211,95 g
	= 36,36 g N		

Ausgabe in 7 Tagen:

Frischstuhl 865 g
Trockenkot 170 g

darin sind enthalten:

8,71 g N = 5,12%
15,11 g Fett = 8,88%
38,03 g reduz. Substanz = 22,37%

Bilanz der Ausgabe zur Einnahme:

23,95% N
2,53% Fett
1,72% reduz. Substanz

III. Versuch.

Während der 3. Versuchsperiode verzehrte ich Brot mit 10,9 Säuregrad.

Brotanalyse:

Trockensubstanz 63,45%
Eiweiß 6,16%
Fett 0,13%
Kohlehydrate 51,53%

Einnahme in 7 Tagen:

	Eiweiß	Fett	KH
3220 g Brot	198,35 g	4,19 g	1659,27 g
280 g Zucker	—	—	279,44 g
595 g Butter	4,17 g	502,18 g	2,98 g
	202,52 g	506,37 g	1941,69 g
	= 32,40 g N		

Ausgabe in 7 Tagen:

Frischstuhl	700 g
Trockenkot	168 g

darin sind enthalten:

8,18 g N	=	4,87%
14,25 g Fett	=	8,48%
38,53 g reduz. Substanz	=	22,93%

Bilanz der Ausgabe zur Einnahme:

25,25%	N
2,81%	Fett
1,98%	reduz. Substanz

IV. Versuch.

Für den 4. Versuch diente Brot mit langer Teigführung als Nahrung.

Brotanalyse:

Trockensubstanz	68,18%
Eiweiß	6,38%
Fett	0.15%
Kohlehydrate	53,83%

Einnahme in 7 Tagen:

	Eiweiß	Fett	KH
2880 g Brot	183,74 g	4,32 g	1550,30 g
280 g Zucker	—	—	279,44 g
620 g Butter	4,34 g	523,28 g	3,10 g
	188,08 g	527,60 g	1832,84 g
	= 30,09 g N		

Ausgabe in 7 Tagen:

Frischstuhl	610 g
Trockenkot	140 g

darin sind enthalten:

7,96 g N	=	5,68%
14,73 g Fett	=	10,52%
26,06 g reduz. Substanz	=	18,61%

Bilanz der Ausgabe zur Einnahme:

26,45% N
2,79% Fett
1,42% reduz. Substanz

V. Versuch.

Der 5. Versuch wurde mit Brot von 9,7 Säuregrad durchgeführt und zwar dienten hier, ebenso wie bei den vorhergehenden Versuchen, lediglich Butter und Zucker als Zukost.

Brotanalyse:

Trockensubstanz	60,91%
Eiweiß	5,44%
Fett	0,12%
Kohlehydrate	50,38%

Einnahme in 7 Tagen:

	Eiweiß	Fett	KH
3500 g Brot	190,40 g	4,20 g	1763,30 g
280 g Zucker	—	—	279,44 g
700 g Butter	4,90 g	590,80 g	3,50 g
	195,30 g	595,00 g	2046,24 g
	= 31,25 g N		

Ausgabe in 7 Tagen:

Frischstuhl 750 g
Trockenkot 144 g

darin sind enthalten:

7,40 g N = 5,14%
13,38 g Fett = 9,29%
31,67 g reduz. Substanz = 21,99%

Bilanz der Ausgabe zur Einnahme:

23,68 % N
2,25 % Fett
1,55 % reduz. Substanz

Um einen Ueberblick über die Verwertung der einzelnen Grundnährstoffe zu geben, habe ich in den folgenden Tabellen die Ergebnisse aller Versuche, für die einzelnen Grundnährstoffe getrennt, zusammengestellt.

	KH		Verwertung der KH	Verwertung der KH in der Bilanz
	Einfuhr	Ausfuhr		
	g	g	g	%
1. Vers.	2563,91	31,32	2532,59	98,78
2. „	2211,95	38,03	2173,92	98,28
3. „	1941,69	38,53	1903,16	98,02
4. „	1832,84	26,06	1806,78	98,58
5. „	2046,24	31,67	2014,57	98,45

	Fett		Verwertung des Fettes	Verwertung des Fettes in der Bilanz
	Einfuhr	Ausfuhr		
	g	g	g	%
1. Vers.	541,45	10,72	530,73	98,02
2. „	595,58	15,11	580,47	97,47
3. „	506,37	14,25	492,12	97,19
4. „	527,60	14,73	512,87	97,21
5. „	595,00	13,38	581,62	97,75

	N-Substanz		Verwertung der N-Substanz	Verwertung der N-Substanz in der Bilanz
	Einfuhr	Ausfuhr		
	g	g	g	%
1. Vers.	264,64	46,19	257,25	82,55
2. „	227,24	54,44	218,53	76,05
3. „	202,52	51,12	194,34	74,75
4. „	188,08	49,75	180,12	73,55
5. „	195,30	46,25	187,90	76,32

Aus den vorstehenden Tabellen ist ersichtlich, daß bei allen 5 Versuchen die KH- und Fettbilanz annähernd die gleiche bleibt, während die Ergebnisse der N-Substanz-Bilanz differieren. Die geringste Auswertung der N-Substanz liegt bei 73%, während der Höchstwert der Ausnutzung bei 82% erreicht wird. Da im 4. Versuch die Stickstoffbilanz einen Verlust von 27% zeigt, ergibt sich hieraus, daß die Einfuhrmenge ausschlaggebend ist für die Ausnutzung des Eiweißes, und zwar ist die Bilanz um so vorteilhafter, je größer die eingeführte Menge gewählt wurde. Jedoch ist die aufgenommene Nahrungsmenge nicht allein bestimmend für das Schwanken der Bilanz, da ja ein Teil der Kotstickstoffsubstanz aus den Darmsekreten stammt. Beweisend hier-

für ist der stickstoffhaltige Kot, der auch im Hungerzustand entleert wird, und zwar entfallen nach Berechnungen von Munk auf den einzelnen Hungertag 2—3,8 g Trockensubstanz mit 0,11—0,3 g N. Rieder fand bei seinen Versuchen, daß der Mensch täglich im Hungerzustande 13,4 g Trockensubstanz mit 0,73 g N ausscheidet.

Diese aus dem Hungerkot errechnete Menge N ist aber keineswegs identisch mit dem Sekretstickstoff, den wir von dem Kotstickstoff abziehen müssen, um die wirkliche Ausnutzung des Eiweißes eines Nahrungsmittels zu ermitteln, denn da nach der Nahrungsaufnahme eine lebhafte Sekretion erfolgt, steigt die von den Sekreten und Exkreten stammende Stickstoffmenge gegenüber dem Hungerzustande an.

Um nun die Größe des Sekretstickstoffes zu ermitteln, sind schon wiederholt Versuche angestellt worden. Bei den einschlägigen Arbeiten, die Heupke und seine Mitarbeiter vornahmen, wurde gefunden, daß auf 20 g Trockenstuhl etwa 1 g Sekretstickstoff kommt. Gleichzeitig stellte er fest, daß mit Größerwerden der Trockenstuhlmenge auch der Sekretstickstoff zunimmt. Da sich jedoch bei meinen Versuchen die tägliche Trockenstuhlmenge auf etwa 20 g beläuft, genügt die Anrechnung von 1 g Sekretstickstoff bzw. von 6,25 g Stickstoffsubstanz.

Um nun für jeden meiner Versuche die annähernde wirkliche Ausnutzung zu ermitteln, habe ich die Sekretstickstoffsubstanzmenge berechnet, von der Kotstickstoffsubstanzmenge abgezogen und in folgender Tabelle zusammengestellt:

	Stuhlmenge g	N-Subst. Ausfuhr g	Sekret N-Subst. g	Kot-N-Subst. minus Sekret-N-Subst. g	Annähernde wirkliche Ausnutzung %
1. Vers.	140	46,19	43,75	2,44	99,08
2. „	170	54,44	53,13	1,31	99,42
3. „	168	51,12	52,50	1,38	100,00
4. „	140	49,75	43,75	6,00	96,81
5. „	144	46,25	45,00	1,25	99,36

Nach Abzug der Sekretstickstoffsubstanz zeigt sich, daß die Ergebnisse der Stickstoffsubstanzbilanz viel geringere Differenzen aufweisen als die ohne Berücksichtigung des Stoffwechselstickstoffes errechneten Ausnutzungswerte. Somit ist die wirkliche Ausnutzung der Stickstoffsubstanz in allen Versuchen ziemlich gleich.

Zusammenfassung.

In der folgenden Tabelle habe ich die 5 Versuchsergebnisse der Verwertung der Grundnährstoffe in der Bilanz noch einmal zusammengestellt:

	Ausnutzung der Grundnährstoffe			Wirkliche Ausnutzung der N-Subst. nach Abzug des Sekret-N
	KH %	Fett %	N %	%
1. Vers.	98,78	98,02	82,55	99.08
2. „	98,28	97,47	76,05	99,42
3. „	98,02	97.19	74,75	100,00
4. „	98,58	97,21	73,55	96,81
5. „	98,45	97,75	76,32	99,36

Aus meinen Untersuchungen und Betrachtungen folgt, daß nach Abzug des Stoffwechselstickstoffes von dem Gesamtstickstoffverlust nur ein kleiner Teil des Kotstickstoffes unausgenutzter Nahrungsstickstoff ist, und somit ergibt sich, daß neben Kohlehydraten und Fett auch das Eiweiß ausgezeichnet verwertet wurde. Zusammenfassend kommt man zu dem Ergebnis, daß die Ausnutzung der Grundnährstoffe in allen 5 Versuchen recht gut ist und daß meine Versuche keine nennenswerten Unterschiede erkennen lassen, die auf eine Beeinflussung der Verwertung der Grundnährstoffe durch einen höheren oder niederen Säuregrad hindeuten würden.

Legen wir uns nun die Frage vor, ob ein gewisser Anteil Säure bei der Brotbereitung notwendig ist, so müssen wir diese Frage bejahen. Die Säure ist für den Gesamtverlauf der Teiggärung von größter Wichtigkeit, sie begünstigt die Verquellung der Mehlbestandteile, festigt das Porengerüst und gibt der Krume den nötigen Zusammenhang; ohne Säure ist der Teig nicht zähe und plastisch genug, das Gebäck krümelt.

Zu meinen Versuchen muß ich noch erwähnen, daß der mildsaure Brotgeschmack von mir sehr angenehm empfunden wurde. und daß auch das etwas stärker gesäuerte Brot mit dem Säuregrad von 10,9 keinen Widerwillen erregte. Alle 5 Versuche habe ich bei bestem Wohlbefinden durchgeführt, und obwohl jeweils während der Dauer von 7 Tagen die Nahrung nur aus Brot. Butter und Zucker bestand, traten keinerlei Hungergefühl oder Ermüdungserscheinungen oder Verlangen nach anderen Nahrungsmitteln auf.

Zum Schluß ist es mir eine angenehme Pflicht, Herrn Professor Dr. med. W. Heupke für die Anregung zur vorstehenden Arbeit sowie für die mir zuteil gewordene Förderung zu danken.

Bircher-Benner: Med. Welt, Nr. 14, 1930.
Eckstein: Med. Welt, Nr. 23, 1930.
—: Med. Welt, Nr. 21, 1933.
Fornet: Die Theorie der prakt. Brot- und Mehlbereitung, Berlin 1923.
Heupke: Arch. f. Hyg. Bd. 108, 1932.
—: Arch. f. Hyg. Bd. 111, 1933.
—: Arch. f. Hyg. Bd. 114, 1935.
—: Arch. f. Verd. Krkh. Bd. 49, 1931.
—: Deutsche Med. Wochenschrift, Nr. 48, 1934.
—: Deutsche Med. Wochenschrift, Nr. 50, 1937.
—: Münchner Med. Wochenschrift, Nr. 50, 1933.
—: Med. Welt, Nr. 43 und 44, 1937.
Hindhede: Med. Welt, Nr. 5 und 6, 1929.
—: Skandinavisches Archiv f. Physiologie, Bd. 28, 1913.
Kraft: Deutsche Med. Welt, Nr. 50, 1937.
Lehmann: Arch. f. Hyg. Bd. 19, 1893.
—: Arch. f. Hyg. Bd. 20, 1894.
—: Arch. f. Hyg. Bd. 45, 1902.
Lemmel: Münchner Med. Wochenschrift, Nr. 17, 1938.
Maurizio: Getreide, Mehl und Brot, Berlin 1903.
Meyer: Zeitschr. f. Biol. Bd. 7, 1871.
Müller: Zeitschr. f. Biol. Bd. 20, 1884.
Munk: Handbuch d. Hyg. Bd. 3, 1893.
M. P. Neumann: Brotgetreide und Brot, Berlin 1929.
R. O. Neumann: Brote, Brotersatz und Brotstreckmittel, 1920.
Plagge und Lebbin: Untersuchungen über das Soldatenbrot, Veröffentlichungen aus dem Gebiet des Militärsanitätswesens, Heft 12, 1897.
Rieder: Zeitschr. f. Biol. Bd. 20, 1884.
Romberg: Arch. f. Hyg. Bd. 28, 1897.
Rubner: Zeitschr. f. Biol. Bd. 15, 1879.
—: Zeitschr. f. Biol. Bd. 19, 1883.
Rubner und Thomas: Arch. f. Anat. und Physiol. 1916.
Prausnitz: Arch. f. Hyg. Bd. 17, 1893.
Prausnitz und Menicanti: Zeitschr. f. Biol. Bd. 30, 1894.
Scheunert: Med. Welt, Nr. 41 und 42, 1929.
Winterstein: Med. Welt, Nr. 23, 1931.

Lebenslauf.

Am 15. Dezember 1911 wurde ich in Frankfurt am Main als Tochter des Postdirektors Reinhold Steinbrück geboren. Ich besuchte die Viktoria-Schule in Frankfurt am Main und das Gymnasium in Wittlich (Bz. Trier), wo ich Ostern 1932 die Reifeprüfung bestand. Als Studienfach wählte ich Medizin und besuchte die Universitäten Frankfurt am Main, Freiburg, München und Königsberg. Im April 1933 bestand ich in Frankfurt am Main die ärztliche Vorprüfung und im November 1937 legte ich das ärztliche Staatsexamen an derselben Universität ab. Während des Praktischen Jahres war ich an der Medizinischen Poliklinik in Frankfurt am Main, dem Städtischen Krankenhaus in Ückermünde und in der Frauenklinik in Frankfurt am Main tätig. Am 1. Dezember 1938 erhielt ich meine Bestallung als Arzt.

Gerda Steinbrück.